



Appui au Projet ADAM

Appui à la Diffusion de l'Agroécologie dans
les zones de Montagne du Vietnam



Rapport de mission (Vietnam)
5 - 12 décembre 2010

Patrice AUTFRAY
Agronome
NAFRI - NCAC
CIRAD Laos

Termes de Référence

- Cette mission a été sollicitée au départ par D.Hauswirth en appui aux activités du Projet ADAM (financement AFD 2009 à 2012 inclus) et centrée sur les **Indicateurs de la Fertilité des Sols en systèmes conventionnels et en Agriculture de Conservation** (financement AFD/Cirad).
- Le Projet ADAM est localisé au niveau du NOMAFSI.
- Avec l'appui financier de CANSEA, 2 chercheurs du National Conservation Agriculture Centre (K.Panyasiri et C.Khamxaykay) du NAFRI se sont joints à cette mission de manière à créer avec le NOMAFSI **l'élaboration d'une programmation d'échanges et de recherches dans le domaine de l'Agriculture de Conservation en sols acides** (zone de montagne).

Calendrier

Tableau 1. Programme principal de la mission

Date	Lieu	Occupation principale	Remarques
5/12/10	Laos	Voyage Laos-Vietnam	Arrivée Hôtel Hanoï 18h
6/12/10	Hanoï – Moc-Chau	Visite Matrice	Nuit à Moc-Chau
7/12/10	Moc-Chau	Visite expérimentations thé NOMAFSI	Nuit NOMAFSI, ville de Phu-Ho
8/12/10	Phu-Ho	Formation Projet ADAM	15 participants
9/12/10	Phu-Ho	Réunion CANSEA	8 participants
10/12/10	Phu-Ho - Hanoï	Synthèse – Route Phu-Tho - Hanoï	Réunion D.Hauswirth + Equipe NAFRI/Cirad Laos
11/12/10	Hanoï	Voyage Vietnam-Laos	Contact Cirad P.Grand Projet Food Security Arrivée Vientiane 19h

1 Contexte du Projet ADAM (d'après S.Boualakia, 2009 ; D.Hauswirtz, 2010)

Les zones de montagne du nord-Vietnam englobent 15 Provinces et constituent un tiers des superficies totales du pays (11 millions ha), 13 millions d'habitants, 36 groupes ethniques différents. Seulement 1,5 million ha sont utilisés pour des activités agricoles dont 0,5 million ha sur **pent**es dont une majorité avec des pentes > à 25°.

Récemment on assiste au fait de la saturation foncière dans les zones basses à une mise en valeur accrue de ces zones sur pentes, plus spécifiquement pour **la culture de plantes annuelles de rente comme le maïs et le manioc**. Concernant cette première production transformée en provende elle fait l'objet d'une forte demande du marché intérieur. En effet le **Vietnam importe** à l'heure actuelle **1 million de tonne de maïs**, en plus de 0.5 tonne de soja, alors qu'il est un pays très largement exportateur dans de nombreuses autres cultures tropicales, comme le riz (7 millions de tonne exportées), le café, l'hévéa, ...

Concernant la culture du thé, autre culture d'exportation phare de ces régions elle est confrontée à 2 défis majeurs :

- maintien d'une productivité satisfaisante dans la durée du fait d'un entretien organique et chimique des sols insuffisant ;
- d'une qualité à améliorer en raison de progrès à effectuer en matière variétale et également en utilisation de pesticides.

Le **projet ADAM** s'est essentiellement focalisé sur la mise en place d'expérimentations agronomiques en **cultures annuelles sur pentes et en production théicole**. Le thé est la principale culture industrielle de la province de Phu Tho (plus de 10% de la superficie totale cultivée). Cette filière bénéficie de l'appui de l'AFD.

En amont à ces activités d'expérimentation-crédation de systèmes, sont réalisés des diagnostics agraires par des jeunes ingénieurs IRC-supagro.

On distingue principalement 3 zones d'intervention qui représentent 3 étages agroécologiques différenciés :

- le site de Van Chan (Province de Yen Bai)
- le district de Moc Chau (Province de Son-La) centré sur les systèmes à un cycle de culture annuelle par an ;
- le district de Thanh Ba (Province de Phu Tho).

2 Milieu Physique

La zone d'étude se situe à 20°50 de latitude Nord et 104°38 de longitude Est. Elle présente un climat subtropical d'altitude. La **pluviométrie moyenne est de l'ordre de 1 500 mm** avec des précipitations concentrées d'avril à octobre. La pluviométrie dont les **variations régionales** peuvent être fortes en zones de relief avec des régimes mono-modaux classiques de mousson du type de la Figure 1

Dans la Province de Son La le total pluviométrique ne dépasse pas 1.400 mm, avec des pluies étalées entre avril et octobre. Il existe donc **une longue saison sèche de 5 mois** et des risques d'épisodes secs au sein de la saison des pluies notamment en début.

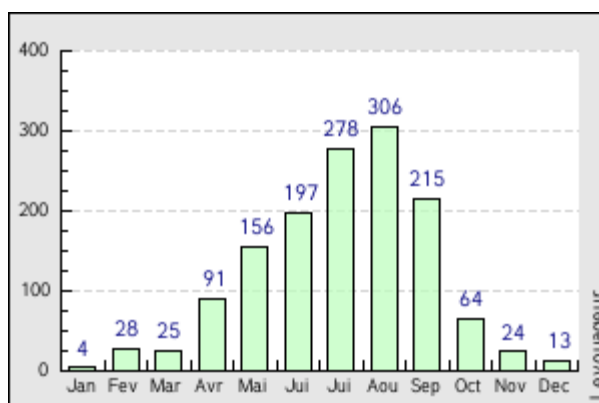


Figure 1. Régime pluviométrique District de Moc-Chau

Généralement sur les 3 sites les reliefs sont accusés et les pentes fortes

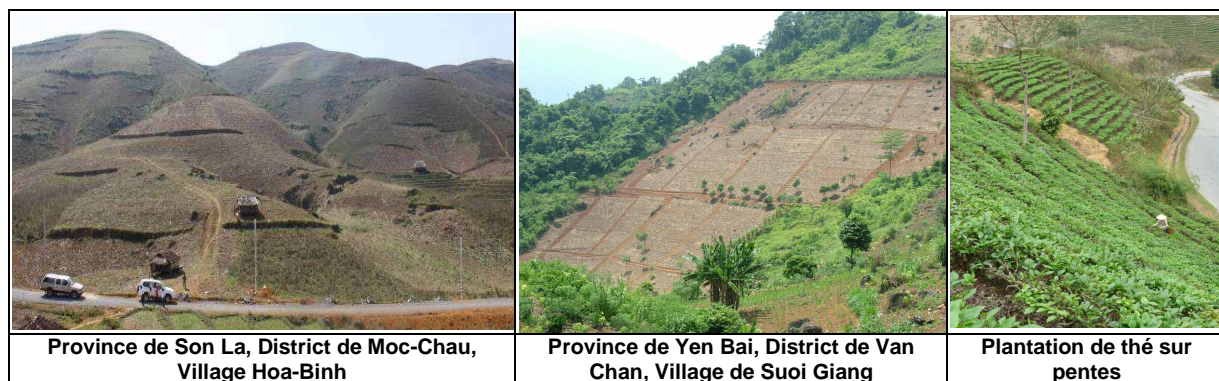


Figure 2. Terres cultivées sur pentes pour tous les sites concernés

3 Milieu agraire

La zone d'étude présente une forte densité de population pour des zones de montagne (80 hab/km²) induisant une **saturation de l'espace rural** (absence d'espaces de réserve disponible). L'agriculture y est caractérisée par une juxtaposition de vallées assimilables à autant de systèmes agraires spécifiques fruits d'une interaction avec le milieu biophysique, l'histoire agraire et les contraintes d'usage du foncier.

On peut distinguer schématiquement:

- une zone basse caractérisée par des vallées encaissées aménagées avec une riziculture irriguée à deux cycles par an ;
- une zone intermédiaire avec des vallées sèches larges et à flanc de collines cultivées, très diversifiée (fruitiers, thé, élevage laitier) ;
- une zone haute avec des vallées encaissées aménagées ou sèches à 1 ou 2 cultures de riz / an,

L'agriculture est le fait de petites **exploitations familiales faiblement mécanisées**, disposant cependant d'un accès aux intrants chimiques. Les exploitations sont indépendantes ou intégrées dans des sociétés agro-industrielles (coopérative laitière, sociétés théicoles). L'accès au foncier et à la main d'œuvre sont des facteurs limitant du développement des exploitations. Une typologie structuro-fonctionnelle des systèmes de production de la zone d'étude peut être établie selon les critères suivants :

- la zone agro-écologique où est installé le système de production
- le degré de dépendance à la production agricole (mono-dépendance vs. intégration d'activités connexes génératrice de revenu dont des activités intégrées verticalement : fourniture de service à la production, transformation post récolte)
- le niveau de diversification de la production agricole (mono-dépendance -thé, maïs, élevage laitier- vs production diversifiée)
- l'accès au foncier (types de terres accédées et contraintes liées, surface cultivée / actif).

Le **maïs est la principale spéculation sur pentes** (35% des terres agricoles de la zone). L'introduction d'hybrides (1998) accompagnée de l'utilisation massive d'engrais minéral, puis plus récemment de l'herbicide sur pentes (2006) ont conduit à une progression des rendements et une extension très rapide des surfaces cultivées. Le **brûlis des résidus de culture est systématique**, de même que le travail du sol lorsqu'il est praticable.

4 Les systèmes développés

Propositions Initiales (Boulakia, 2009) (Tableau 2)

La référence Agriculture Conventionnelle est constituée par **un cycle de production de 4 à 6 années** assez classique pour les zones humides à faible intrants, suivie d'une **période de jachère** dont la durée reste à préciser. Elle pourrait être raccourcie, **de l'ordre de 5 à 6 années**, de manière peut-être à pourvoir en faciliter le brûlis, qui on le sait a un effet d'augmenter temporairement le pH du sol. Les **premiers SCV préconisés** ont été construits dans le cadre d'une **culture continue** sur des successions annuelles simples (1 cycle par an de culture principale) ou de successions à rotations bi-annuelles à 1 cycle de culture principale ou à 1 cycle de culture principale et d'une culture secondaire. Le soja et l'arachide peuvent alors comme des cultures de diversification, rendues possibles par les pratiques SCV. **Deux plantes de couverture** sont préconisées pour ces systèmes, le *Stylosanthes guianensis* Ciat 184, résistant à l'antrachnose, préféré pour les systèmes à base de céréales (riz et maïs) et le *Brachiaria ruziziensis*, préféré en succession avec les légumineuses vivrières annuelles.

Ce choix facilite la gestion d'éventuels resemis par des herbicides de post-levée et également équilibre mieux les apports aux sols. La seule exception s'observe avec la pratique dans 2 SCV de la culture associée **maïs – Brachiaria**, qui nous semble beaucoup **plus difficile à gérer** dans le cadre d'une petite agriculture familiale (voir plus loin).

Tableau 2. Description des successions SCV conseillées au démarrage du Projet.

Type Système	Années				
	1	2	3	4	5
Conventionnel (nombre d'années de jachère à préciser)	Riz	Riz	Maïs	Maïs	Manioc
AC en monoculture avec 1 cycle / an de culture principale	Maïs + Stylo.	Maïs + Stylo.	Maïs + Stylo.	Maïs + Stylo.	Maïs + Stylo.
	Riz + Stylo	Riz + Stylo	Riz + Stylo	Riz + Stylo	Riz + Stylo
	Soja + Brach	Soja + Brach	Soja + Brach	Soja + Brach	Soja + Brach
	Arach + Brach	Arach + Brach	Arach + Brach	Arach + Brach	Arach + Brach
AC en rotations bi-annuelles avec 1 cycle / an de culture principale	Maïs + Stylo	Manioc + Stylo	Maïs + Stylo	Manioc + Stylo	Maïs + Stylo
	Maïs + Stylo	Riz + Stylo	Maïs + Stylo	Riz + Stylo	Maïs + Stylo
	Maïs + Brach	Soja + Stylo	Maïs + Brach	Soja + Stylo	Maïs + Brach
	Maïs + Brach	Arachide + Stylo	Maïs + Brach	Arachide + Stylo	Maïs + Brach
AC en rotations bi-annuelles avec 2 cycle / an de culture : principale + secondaire	Maïs / Sorgho + Stylo	Maïs / Sorgho + Stylo	Maïs / Sorgho + Stylo	Maïs / Sorgho + Stylo	Maïs / Sorgho + Stylo
	Maïs / Sorgho + Stylo	Riz / Sorgho + Stylo	Maïs / Sorgho + Stylo	Riz / Sorgho + Stylo	Maïs / Sorgho + Stylo
	Soja / Maïs + Brach	Soja / Maïs + Brach	Soja / Maïs + Brach	Soja / Maïs + Brach	Soja / Maïs + Brach
	Arachide / Maïs + Brach	Arachide / Maïs + Brach	Arachide / Maïs + Brach	Arachide / Maïs + Brach	Arachide / Maïs + Brach

Systèmes possibles (Hauswirth, 2010) (Tableau 3)

Il a été repris l'essentiel des recommandations précédentes. Nous avons rajouté quelques commentaires spécifiques, plus comme **points à surveiller** que comme certitudes :

- **association maïs + brachiaria : risque de compétition pour les éléments nutritifs observée à la fois en station expérimentale et en milieu paysan** ; cette remarque a par ailleurs été **reprise par la Délégation YAAS, de la Province du Yunnan** (Chine) lors de la visite au Laos en septembre 2010 des expérimentations en milieu réel dans la Province de Xieng-Khouang ; cela nécessite un bon niveau de fumure et une application localisée pour le maïs ;
- association **maïs + niébé** : on conseille parfois des **cultures en bandes regroupées**, 2 rangs de maïs suivis de 3 rangs de niébé, pour faciliter les récoltes (expérience de Madagascar) ;
- le **mil africain** offre souvent **une faible capacité à l'association** du fait de son fort pouvoir recouvrant ; il est en soit une plante de couverture ; le niébé pourrait y être associé sans pour autant que l'on escompte de bons rendements ;
- le **crotalaire** (espèce à préciser) est généralement un **bon précédent pour le riz** en raison des effets structuration du sol ;
- **Buckwheat** ou sarrasin est une polygonacée cultivée comme fourrage ou plante alimentaire, reconnue pour ses propriétés allélopatiques.

Tableau 3. Description des successions SCV possible dans le cadre de l'exécution du Projet.

Type système en AC	Année 1	Année 2	Commentaires
AC en monoculture avec 1 cycle / an de culture principale	Maïs + Stylo.	Maïs + Stylo.	Facile à mettre en œuvre ; possibilité de resemis spontané
	Maïs + Brach.	Maïs + Stylo	Compétition brachiaria sur maïs à surveiller
	Maïs + Stylo	Maïs + Niébé / Buckwheat	Niébé nécessite une protection contre les insectes
	Arach + Brach	Arach + Brach / Buckwheat	La présence de 3 plantes de couverture dans l'assolement compense la faible biomasse de résidus en arachide
AC en rotations bi-annuelles avec 1 cycle / an de culture principale	Maïs + Niéb/ Buckwh	Riz + Stylo	Possibilité avec maïs – niébé d'arrangements en double-rangs pour le maïs et trois rangs pour le niébé pour faciliter les récoltes
	Maïs + Crota	Riz + Niébé	Effet précédent intéressant du Crotalaire sur Riz (physique) Crotalaire facile à associer au maïs
	Maïs + Brac	Arachid/ Buckwheat	Compétition brachiaria sur maïs à surveiller
AC en successions annuelles	Maïs + Niéb/ Mil+Crot	Riz/ Mil+Crot	Mil offre peu d'opportunités de culture associée en raison de son fort pouvoir couvrant (niébé plutôt)
	Maïs + Niéb/ Mil+Brac	Arach/Mil + Crot	Mil offre peu d'opportunités de culture associée en raison de son fort pouvoir couvrant (niébé plutôt)
	Maïs + Niéb/ Mil+Brac	Arach/ Buckwheat	Mil offre peu d'opportunités de culture associée en raison de son fort pouvoir couvrant (niébé plutôt)
	Arachide / Maïs + Brach	Arachide / Maïs + Brach	Compétition brachiaria sur maïs à surveiller
AC avec écobuage 1 année sur 2	Riz + Stylo/	Maïs+Nieb/Buckwheat	Le rythme d'écobuage n'est-il pas un peu trop élevé ?
	Riz + Stylo/	Maïs+Crot/Buckwheat	
	Maïs + Stylo	Riz + Mil+Brac	Mil offre peu d'opportunités de culture associée en raison de son fort pouvoir couvrant (niébé plutôt)

4.3 Systèmes testés : systèmes conventionnels 1 cycle / an (Tableaux 4 et 5)

La matrice est centrée à la mise au point d'alternatives aux **systèmes conventionnels à base de maïs**, incluant le manioc et l'arachide dans la succession. Comme la durée du projet est limitée, la place de la jachère ne peut pas être prise en compte. Trois facteurs sont testés :

- Premier facteur : avec ou sans aménagement en terrasses ;
- Deuxième Facteur : système de culture ;
- Troisième Facteur : niveau de fertilisation

Tableau 4. Systèmes comparés sur la matrice de Hoa-Binh ; Province de Son La, District de Moc-Chau.

Type système	Année 1	Année 2	Quelques points à surveiller
Conventionnels	Maïs	Maïs	Temps de jachère à préciser
	Maïs	Manioc	
	Maïs	Riz	
	Maïs	Arachide	
AC intensif avec production fourragère	Maïs + Brach	Maïs + Stylo	Compétition brachiaria sur maïs à surveiller
AC diversifié (maïs + manioc)	Maïs + Stylo	Manioc + Stylo	Pourquoi pas Manioc + Brachiaria (résultat Madagascar)
AC diversifié dans l'année	Maïs + Niébé / Mil + Brach	Arachide / Mil + Crotalaria	Mil offre peu d'opportunités de culture associée en raison de son fort pouvoir couvrant (sauf niébé + mil)
AC avec écobuage et culture d'hiver	Maïs + Crotalaire / Buckwheat	Riz + Stylo	Système facile à gérer ; possibilité de niébé après le riz

Tableau 5. Niveaux de fumure utilisés sur les matrice du Projet ADAM.

Eléments	Niveau de fumure			Type
	F0	F1	F2	
N	23	Maïs : 69 Riz : 45 Manioc : 69	Maïs : 115 Riz : 69 Manioc : 92	Urée
P	0	35	85	Thermophosphate
K	0	Maïs : 30 Riz : 30 Manioc : 60	Maïs : 60 Riz : 60 Manioc : 90	Chlorure de potasse
Micro-éléments	0	0	ZnSO4 MnSO4 Bo CuSO4	ZnSO4 MnSO4 Bo CuSO4

Il reste à préciser à quel niveau de fertilisation se rapproche le plus celui des agriculteurs.

4.4 Systèmes testés à Suoi Giang : systèmes conventionnels 1 à 2 cycles / an (Tableau 6)

Tableau 6. Systèmes comparés sur la matrice de Suoi Ginag ; Province de Yen Bai.

Type système	Type succession	Année 1	Année 2	Commentaires
Conventionnels	Monoculture	Maïs	Maïs	Temps de jachère à préciser
		Arachide	Arachide	
	Rotation bi-annuelles	Maïs	Manioc	
		Maïs	Riz	
	Rotation à 2 cultures / an	Arachide / Maïs	Arachide / Maïs	
		Riz / Maïs	Riz / Maïs	
Agriculture de Conservation	Monoculture	Maïs + Stylo	Maïs + Stylo	Facile à mettre en œuvre ; possibilité de re-semis spontané
		Arachide + Brachiaria	Arachide + Brachiaria	Implantation de Brachiaria en pleine saison des pluies
	Rotation bi-annuelles	Maïs + Stylo	Manioc + Stylo	Facile à mettre en œuvre ; possibilité de resemis spontané
		Maïs + Stylo	Riz + Stylo	
	Rotation à 2 cultures / an	Arachide / Maïs + Brach	Arachide / Maïs + Brach	Compétition brachiaria sur maïs à surveiller
		Riz / Maïs + Crotalaire	Riz / Maïs + Crotalaire	Effet précédent intéressant du Crotalaire sur Riz (physique) Crotalaire facile à associer au maïs

5 Indicateurs de la fertilité du sol et externalités

5.1 Présentation

Un certain nombre d'indicateurs de la fertilité du sol ont été proposés dans le Projet dont (H.Hauswirth, 2010) : les pertes en sol, le C org. du sol, la compaction du sol, la structure, le pH, la faune du sol

Une formation sur le thème des indicateurs de la fertilité des sols a été organisée en 2 parties sur 2 demi-journées, une première sous forme d'exposé grâce à un support ppt en anglais, traduit en vietnamien, la deuxième à partir d'échanges questions réponses. Ces demi-journées ont été entrecoupées d'une sortie de terrain au niveau de 2 profils culturaux sur thé.

Nous donnerons les grandes lignes des facteurs et indicateurs conseillés.

5.2 Quantité totale de biomasse (MS ou C)

Pour nous c'est le **principal indicateur de la fertilité** entre tant **qu'expression de la fertilité actuelle du sol** et **qu'apports organiques pour le sol**.

En AC comme en Agriculture Conventionnelle, il peut exister une **bonne corrélation** avec le temps entre le **cumul des apports en C** et **l'état du stock du sol en C**. Un exemple est

indiqué avec les travaux de Bayer et al. (2006) pour des systèmes de culture comparés avec un temps de 13 années lors desquels ont été mesurés l'ensemble des restitutions organiques.

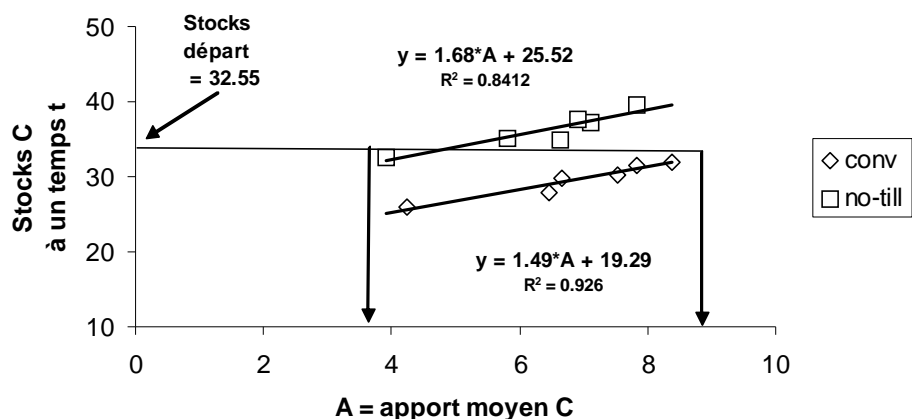


Figure 3. Effets du cumul des apports en C par les résidus de culture sur l'état du stock en C du sol de surface après 13 années en zone sub-tropicale brésilienne (Bayer et al., 2006)

La teneur moyenne en C est la même pour la majorité des résidus de culture, autour de 45%.

5.3 Qualité de la biomasse

La biomasse végétale est composée de 2 premières entités, les matières minérales et les matières organiques.

Les matières minérales contiennent entre 3 à 10% du total de la matière sèche. Elles sont essentiellement composées de silice, comme par exemple les pailles de riz, qui en contiennent une bonne quantité, qui leur confèrent une relative résistance à la dégradation. **Les matières organiques qui représentent 95% des résidus** sont le plus couramment divisées en **grandes familles biochimiques** différenciées par des **taux de décomposition** décroissant :

- sucres,
- hémicellulose ;
- cellulose
- lignine ;
- lipides ;
- phénols

Tableau 7. Les 6 classes de familles biochimiques composant les matières organiques avec leur taux de décomposition moyen au niveau du sol.

Classe	Coef. decomp / an (litières sur le sol)
Sucres	4.6
Hémicellulose	2.3
Cellulose	1.4
Lignine	0.7
Lipides	0.3
Phénols	0.1

Les quantités de lipides et de phénols étant généralement négligeables, sauf au niveau des cuticules cireuses de certains arbres tropicaux. On réalise en général **une détermination de routine de type Van-Soest**, méthode couramment utilisée pour évaluer la digestibilité des fourrages, en réalisant des attaques successives. On détermine ainsi 4 classes :

- les matières organiques solubles, principalement les sucres ;
- l'hémicellulose ;
- la cellulose ;
- la lignine.

Une estimation du k_1 ou coefficient d'humification des apports peut-être faite indirectement en déterminant l'**ISB** (Indice de Stabilité Biologique; Linères et Djakovitch, 1993) qui est une manière de caractériser le C stable de tout apport organique par analyses biochimique selon la méthode Van-Soest:

$$\text{ISB} = 2.122 - (0.02009 * \text{solubles}) - (0.02378 * \text{hémicellulose}) + (0.0084 * \text{lignine}) - (0.02216 * \text{cellulose})$$

$$k_1 = \%C \text{ total} * \text{ISB}$$

La lignine a un poids important dans le calcul de l'**ISB**. Peu de laboratoire réalisent des analyses de qualité qui sont sujettes à de fortes variabilités liées notamment à la qualité du broyage réalisé avant le dosage.

Lors de cette analyse le rajout de la teneur en N permet d'estimer la **quantité de N** nécessaire pour accompagner **le stockage du C** :

$$N \text{ stable} = \text{quantité de C stable} / 8 \text{ (Mary et al., 1994)}$$

Un bilan N organique peut-être établi et permet d'estimer l'éventuel complément azoté à fournir en cas de bilan négatif ou au contraire à déduire en cas de bilan positif.

$$\text{Bilan N Organique} = (\text{MS totale} * \% N \text{ des apports}) - N \text{ stable} = \text{Complément N à fournir ou à déduire au niveau de la programmation de la fertilisation azotée du système de culture}$$

5.3 Facteur couverture du sol

La **couverture du sol est un indicateur primordial en AC** car elle joue à la fois sur :

- le contrôle de l'érosion, avec pour une couverture forte un potentiel de réduction presque totale de celle-ci (Figure 4);
- une limitation des pertes en eau par évaporation ;
- une limitation de l'enherbement.

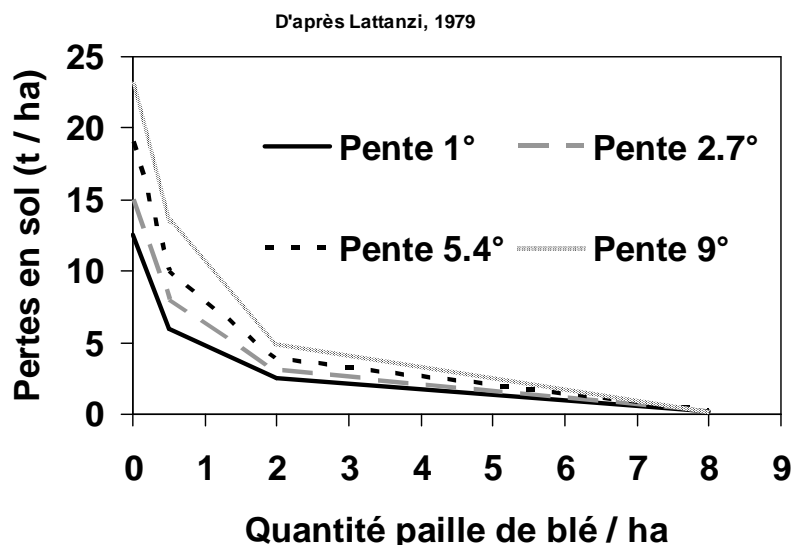


Figure 4. Effet de la pente et de la quantité de paille de blé (ou couverture du sol) sur les pertes en sol ; un exemple aux USA.

En AC on admet généralement que la **réduction potentielle de l'évaporation du sol** par les résidus est **linéairement corrélée avec le taux en couverture**. La relation entre le taux de couverture du sol et la biomasse de résidus est connue pour différents types de résidus (Findeling, 2001). Cette relation est de la forme :

$$\text{Taux couverture} = 1 - e^{- (\text{Coef résidus} * \text{Quantité Résidus})}$$

Cette relation dépend du type de culture mais aussi de son état. On remarque que la paille de blé possède un très bon pouvoir couvrant (Figure 5).

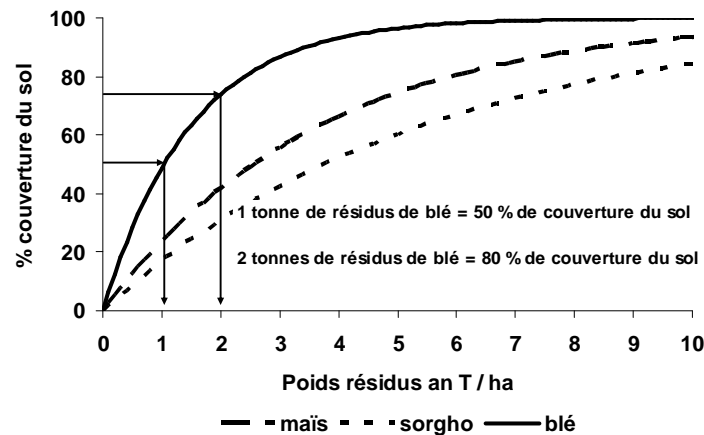


Figure 5. Estimation de la couverture du sol en fonction du type et de la quantité de biomasse.

On peut considérer que le **potentiel d'interception** en eaux de pluies par les résidus peut-être considéré comme **négligeable** (Findeling, 2001).

$$\text{Lame d'eau interceptée (mm)} = a_1 * Q_p + a_2 * Q_p^2$$

Avec Q_p = biomasse de paillis en T/ha

Pour le blé $a_1 = 0.627$ et $a_2 = - 0.0373$

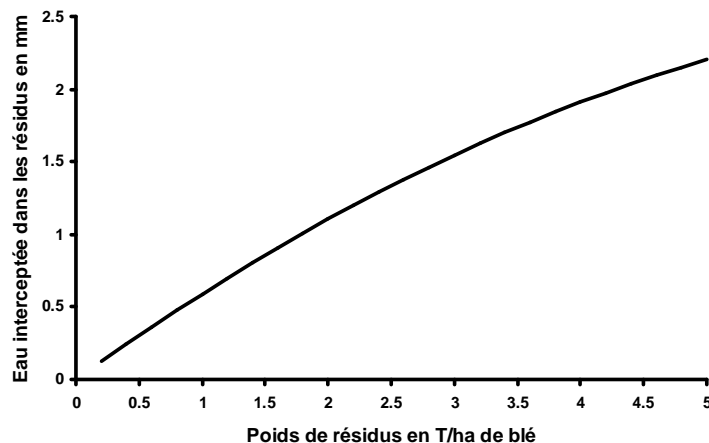


Figure 6. Très faible potentiel d'interception d'eau de pluies par une couverture de blé en Agriculture de Conservation.

5.4 Indicateurs organiques et chimiques

Le meilleur indicateur **organo-chimique du sol** est la **teneur en C organique total en surface** (la couche de sol travaillée en système conventionnel). Le teneur en C détermine en effet de nombreux paramètres chimiques et notamment la CEC. Cette capacité d'échange

cationique est à l'origine de l'offre potentielle en nutriments pour les cultures comme pour Ca, Mg et K.

Deux indicateurs essentiels peuvent être rajoutés car par forcément corrélés avec cette valeur de C total, il s'agit **du pH du sol et de la teneur en P assimilable**.

Le pH du sol pour être mesuré précisément (0.1 de précision) doit être fait **avec une électrode ou avec des pH mètres à lecture directe**. La procédure est indiquée en Annexe 4. Pour avoir une idée sur le terrain on peut cependant utiliser des bandelettes réactives.

Il est essentiel sur le plan chimique de réaliser des profils sur des sites caractéristiques. La **constitution de fosses** est particulièrement intéressante. On en associera 2/3 sur lesquelles on prendra un échantillon moyen constitué des 3 parois de la fosse le mieux préservées. Une caractérisation des systèmes racinaires est en même temps possible.

Un exemple est donné avec les données de la Figure 7 où on remarque des dynamiques différentes pour l'N et le phosphore assimilable :

- il existe une bonne corrélation entre les teneurs en surface et celle en profondeur pour l'azote ; l'azote se concentre logiquement à la surface du sol (d'origine organique) ;
- pour le phosphore assimilable les concentrations sont généralement moins différenciées en fonction de la profondeur ;
- dans ce cas de figure, les parcelles les plus riches en N qui sont aussi les plus pauvres en phosphore assimilable et inversement.

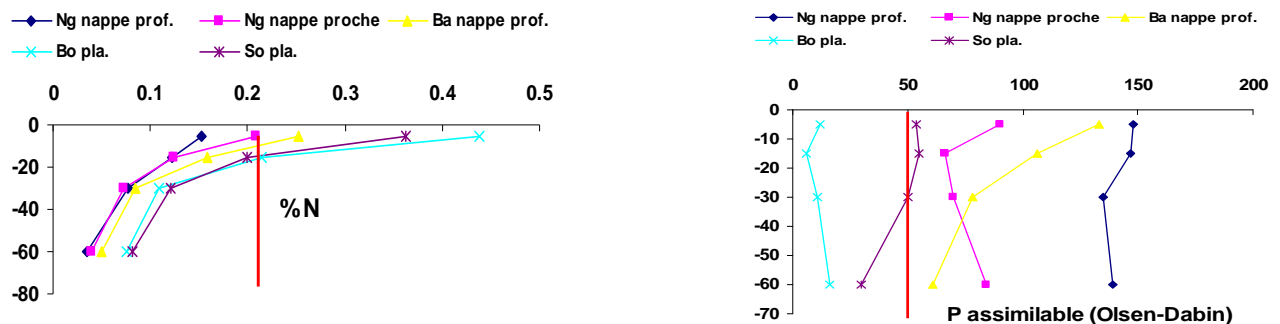


Figure 7. Analyses chimiques sur profils de sol : teneur en N total et phosphore assimilable (Autfray, Mayotte)

Les analyses K et Mg vont généralement dans le même sens. Par contre les valeurs absolues par rapport à leurs seuils critiques indiquent dans le cas du K une carence nette dans 2 situations. Pour ces dernières malgré des plus faibles valeurs, nous sommes juste au niveau du seuil critique.

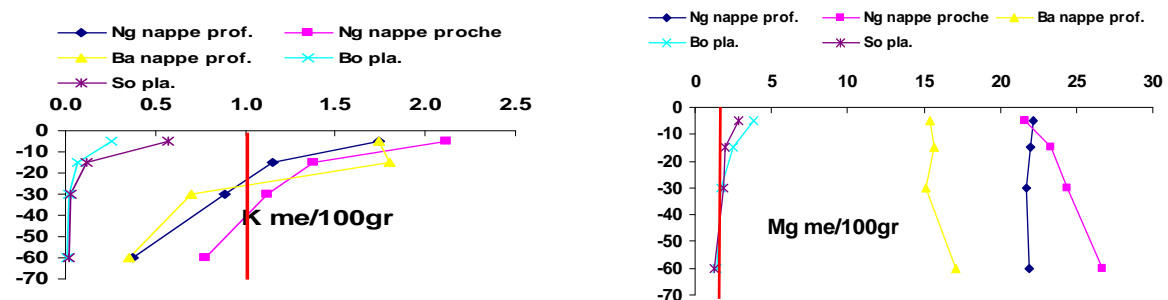


Figure 8. Analyses chimiques sur profils de sol : teneur en K et Mg échangeables.

5.5 Indicateurs physiques

Le principal indicateur physique de la fertilité du sol est la **porosité du sol**, généralement bien corrélé avec **l'enracinement des cultures**.

Il existe plusieurs moyens indirects de l'estimer :

- agrégation ;
- densité apparente ;
- mesures d'infiltration ;
- pénétrométrie.

L'indicateur qui pose le moins de variabilité méthodologique et le plus couramment utilisé est de loin la **densité apparente**. Cela permet dans le même avec cette mesure de pouvoir également exprimer les mesures faites avec les analyses organo-chimiques, en quantités par hectare.

5.6 Indicateurs biologiques

Il faut dans ce cas séparer **macro** et **microorganismes**. Les deux catégories sont très sensibles à la qualité des apports organiques. Les premiers assurent essentiellement un **rôle de transport et de fragmentation physique des résidus** tandis que les seconds en assurent leur transformation biochimique. Concernant les macro-organismes, il existe principalement les **vers de terre**, généralement perçus comme un **bon indicateur de la fertilité biologique** des sols et les termites qui ont par contre un rôle plus controversé, comme pour les fourmis.

Les autres insectes du sol ont un rôle beaucoup moins important. Il faut les considérer comme un indicateur supplémentaire de santé de sol. Des simples comptages de turricules de vers de terre peuvent être effectués. Pour définir des **groupes fonctionnels** il faut nécessairement faire des **prélèvements et des comptages exhaustifs, au moins 2 fois dans l'année** et répéter cela plusieurs années. Les macroorganismes sont sensibles aux saisons (cycle de vie, humidité du sol, qualité des apports de matières organiques), il faut parfois un certain nombre d'années pour arriver à un équilibre. De manière générale les termites préfèrent les matériaux à C/N élevé et les vers de terre à C/N bas, bien qu'à ces effets qualité biochimique s'associent des effets qualité physique des résidus, les matériaux les plus riches en N étant parfois ceux qui possèdent une plus grande capacité de conservation des eaux.

L'activité des microorganismes du sol est jugée généralement plus importante pour la fertilité, bien que moins visible. On l'estime grossièrement par la **cinétique de dégagement en CO₂ du sol par unité de C total**. Plus un sol dégage du CO₂ par unité de C et plus l'activité biologique est importante car elle correspond à un accroissement de la population d'organismes. Ce peut-être le signe d'une bonne alimentation en N pour les cultures à partir d'une source organique issue des végétaux. Un des moyens est d'en **mesurer in-situ le dégagement en CO₂**. Différentes méthodes peuvent être utilisées avec des niveaux de précision différents. Nous conseillerons l'utilisation de méthodes associant **des prélèvements de sol effectués sur le terrain et des dosages instantanés sur des courtes périodes d'incubation**. Globalement il devrait y avoir une **bonne corrélation entre les quantités des apports et leurs qualités sur l'activité des microorganismes**. Cette activité sera maximale au moment des semis qui conjuguent un apport en matières organiques important et une humidité satisfaisante.

5.7 Mesures de l'érosion et du ruissellement (Tableau 8)

Il est important de mesurer les externalités négatives en Systèmes Conventionnels. Pour la mesure de l'érosion, l'équation de base universelle intitulée **RUSLE**, Revised Universal Soil-Loss Equation, dépend de 6 facteurs

$$A \text{ t/ha (prédiction des pertes en sol)} = R * K * L * S * C * P$$

Tableau 8. Facteurs et caractéristiques intervenant dans le calcul des pertes en sol par érosion (Brady et Weil, 1997).

Facteur	Intitulé	Modes de mesure	Echelles de valeur
R	Index d'érosion pluviométrique	. total pluviométrique . intensité pluviométrique . distribution saisonnière	20 (peu agressif) à 550 (très agressif)
K	Erodibilité sol	. infiltration sol . stabilité structurale ; (agrégats stables à l'eau)	0 (bonne infiltration) à 0.6 (mauvaise infiltration) Sols tropicaux < 0.2
L	Longueur pente	Facteur topographique qui associe les 2 valeurs	0.1 (faible ; 2% de pente avec < 25m) à 3 (élevé ; 16% de pente avec > 100m)
S	Importance de la pente		
C	Gestion résidus et du sol	. Couverture du sol	< 0.1 (faible ; couverture > 80%) à 1 (sol nu)
P	Autre Gestion protectrice : travail du sol suivant les courbes de niveau ; cultures en terrasse, cultures en bandes, bandes végétales	. Empirique	1 lorsque aucune mesure protectrice n'est prise à 0.3

Un exemple est donné pour des terres aux USA :

A = 47.8 t/ ha avec R = 150, K = 0.33, LS = 0.43, C = 1 (sol nu), P = 1 (travail du sol dans le sens de la pente)

A = 1.7 t/ha avec un travail minimal de sol et une conservation minimale de résidus de récolte égale à 30% (C = 0.2) et P = 0.4 en associant travail du sol et des terrasses associant des exutoires tous les 40 m.

Généralement les parcelles d'érosion de grande taille (jusqu'à 200 m²) donnent les meilleures valeurs. Elles sont cependant coûteuses à mettre en place (Annexe 1).

D'autres auteurs signalent la possibilité d'associer les simulations de pluies et les micro-parcelles. Cette méthode à l'avantage d'être plus facile à mettre en œuvre (Annexe 2)

D'autres méthodes moins analytiques ont été utilisées pour faire simplement des estimations de perte en terre moyennes à l'échelle de la parcelle. Elle consiste à prendre la différence entre les états de surface avant les pluies et en fin de campagne agricole (Annexe 3)

Ces parcelles permettraient également de recueillir les eaux ruisselées et d'en analyser la composition (voir en Annexe 5 un exemple avec les 3 formes dominantes en N) en éléments majeurs perdus au niveau de la parcelle (N, P, K sous forme ioniques, pesticides entraînés).

Si on couple à ces parcelles de recueillement des eaux de pluies des analyses des eaux de drainage par lysimétrie (Annexe 6), on peut avec un bilan hydrique simulé sous culture réaliser un bilan complet des pertes dans le système en question. Il faudrait y adjoindre un minimum de suivi tensiométrique.

6 Problématique de Restauration des sols en zone acide

Généralités

Les **sols acides** peuvent être assimilés aux **sols de pentes** par opposition aux sols de plaine. Ils sont qualifiés d'acides car ils sont généralement anciens et fortement lixiviés en bases échangeables. Les sols de plaine bénéficient eux d'un rajeunissement par les apports et sont généralement beaucoup moins acides. On peut cependant rencontrer des sols non-acides sur pentes (exemple de la Province de Xayabury au Laos) notamment lorsque la roche mère est basique (roches vertes) et les pluies relativement modérées (1000 à 1500 mm). Inversement on peut rencontrer des sols de plaine acides lorsque les plaines sont constituées de fractions grossières du sol (sols sableux) et bénéficient de peu d'apports alluvionnaires récents (hautes terrasses). Les régions montagneuses cumulent parfois acidité des sols et communications difficiles. Tous les pays de la sous-région présentent une forte proportion de terres dites de montagne et plus particulièrement le Laos (Tableau 9).

Tableau 9. Problématique Soils acides dans la zone de sud-est asiatique (d'après Dierolf et al., 2001).

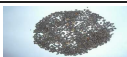


Country	% Lowland	% Acid soil ou Upland
Vietnam	18	71.6
Laos	1.9	82.4
Cambodia	9.8	59.9
Thaïlande	16.1	75.6
Indonésie	4.9	67.5

Tableau 10. Différenciation marquée à la l'acidité des sols selon les cultures.

Crops	Soil pH		
	4 Very low	5 Low	6 Correct
Legumes			
Major food crops			
Acid tolerant			

Il existe des cultures qui s'adaptent bien à l'acidité des sols et notamment l'hévéa, le thé et le manioc (Tableau 10). Le riz est relativement résistant, le maïs moins et le soja encore moins. Généralement **les légumineuses sont plus sensibles que les autres cultures à l'acidité des sols**. C'est une des raisons pour lesquelles on les trouve à l'état spontanée dans les milieux les plus fertiles, en bas des toposéquences. A acidité des sols est associé aussi une moindre disponibilité en éléments nutritifs comme le phosphore et le molybdène qui sont indispensables au bon fonctionnement de la symbiose permettant la fixation de l'azote. Des études ont cependant montré que généralement les légumineuses à grosses graines sont globalement plus résistantes à l'acidité que les légumineuses à petites graines (Tableau 11).

Tableau 11. Les légumineuses à grosse graine type *Canavalia* spp et *Mucuna* spp. sont plus tolérantes à l'acidité de s sols (d'après Fageria et al., 2009).

Legum cover-crops	Soil pH		
	Low 5.5	Medium 6.5	Neutral 7
Small grains			
Medium grains			
Big grains			

6.2 Réunion CANSEA

La réunion CANSEA s'est tenue le jeudi 9/12 dans l'après-midi et a été animée par le Directeur du NOMAFSI à partir de 2 présentations *powerpoint* faisant un bilan de la **problématique restauration en sols acides développée par CANSEA**. La liste des personnes présentes ainsi que les caractéristiques des sites sont indiqués dans les tableaux 12, 13 et 14.

Tableau 12. Personnes présentes à la réunion CANSEA.

Personne	Activité	Structure	Commentaire
Le Quoc Doanh	Director	NOMAFSI	Animateur réunion
Nguyen Quang Tin	Researcher ADAM	NOMAFSI	
Dr Tran Duc Tuan	Deputy Director	SFRI	Présentation PPT Propositions activités Provinces Bing Dinh et Son La
Pham Thi Sen	Research Planning and International Cooperation Dept.	NOMAFSI	Présentation PPT Propositions activités Provinces Bing Dinh et Son La
Damien Hauswartz	ADAM Expert	CIRAD/NOMAFSI	Membre Cansea
Khamkéo Panyasiri	NCAC Director	NAFRI	Première réunion CANSEA
Chantassone Khamxaykay	NCAC Research Responsable	NAFRI	
Patrice Autray	NCAC Advisor	CIRAD/NAFRI	

Tableau 13. Présentations des régions proposées comme localisations des expérimentations en sols acides.

Site, Province	Positionnement	Densité Population	Pluviométrie	Sol	Contraintes
Bing Dinh	14°N, 108°E	260	1560 mm	Sableux très acides	Fertilité
Son La	21°N, 104°E	77	1060 mm	Faiblement acides	Hydrique très forte
Bac Giang	21°N, 106°E	406	1300-1500 mm	Sableux très acides	Fertilité
Dak Lak	12°N, 108°E	131	1500-1700 mm	Sableux très acides	Fertilité

L'objectif de cette réunion était d'aboutir à une proposition de protocoles expérimentaux communs aux différentes provinces. Au départ la problématique s'est focalisée sur le **riz irrigué**. Il s'est avéré qu'il était **difficile d'y appliquer dans ce contexte de culture continue avec plusieurs cycles par an, les principes d'une Agriculture de Conservation**, et surtout le non travail du sol. Au final il a été proposé de se concentrer sur la **problématique maïs en uplands**, que les sols soient acides et très acides (pH < 5.5) ou faiblement acides (pH > 5.5).

Tableau 14. Données générales des localisations proposées

Site, Province	Type milieu	Nombre de culture par an	Succession de départ
Bing Dinh	Sol sableux acide de plaine côtière	3	Arachide- Sésame- Maïs
Son La	Sol de colline peu acide	2	Maïs - Légumineuse de couverture
Bac Giang	Sol de colline argileux acide	3	Plante légumière- Soja-Maïs
Dak Lak	Sol de plateau acide	2	Maïs - Légumineuse de couverture

Suite aux propositions faites par Mme Pham Thi Sen du NOMAFSI pour les provinces de Bing Dinh et Son-La et Dr Tran Duc Tuan du SFRI pour les sites des provinces de Bac Giang et Dak Lak, nous avons formulé **un certain nombre de points à renseigner** au niveau des données synthétisées dans le Tableau 15.

Tableau 15. Premiers éléments à discuter pour une première base de construction d'expérimentation (d'après Mme Pham Thi Sen, NOMAFSI et Dr Tran Duc Tuan, SFRI)

Location	System	Months											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Binh Dinh	Rainfall Pattern	dry						wet					
	Conventional Agriculture	peanut (PN)			sésame			maize				PN	
	Conservation Agriculture	Maize + Peanut in intercropping / Sésame / Legume or Grass Cover Crop (short cycle)											
Son La	Rainfall Pattern	dry			wet							dry	
	Conventional Agriculture	Fallow			maize					Legume			
	Conservation Agriculture	Maize + Legume Cover Crop (Long Cycle)											
Bac Giang	Rainfall Pattern	dry			wet						dry		
	Conventional Agriculture	Vegetable					Soybean			Maize			
	Conservation Agriculture	Maize + Soybean intercropping / Vegetable / Legume or Grass Cover Crop											
Dak Lak	Rainfall Pattern	dry			wet							dry	
	Conventional Agriculture	Fallow			Maize					Legume			
	Conservation Agriculture	Maize + Legume Cover Crop intercropping (Long Cycle)											

Les points à préciser sont les suivant:

- Climat : durée de la saison sèche ;
- Agriculture Conventiennelle ; possibilité de recours à l'irrigation ;
- Agriculture de Conservation : nécessité de faire de la culture associée avec le maïs ; soit avec une légumineuse déjà existante (soja, arachide), soit avec une légumineuses à introduire ; il est aussi parfois nécessaire d'introduire une plante de couverture de cycle court.

Concernant la sélection de **légumineuses** à tester outre celle déjà développées au niveau du Projet ADAM, nous avons essayé à travers une étude réalisée par la FAO dans la sous-région d'en voir les potentiels. En Annexe 7 un certain nombre d'espèces sont mentionnées. Dans le Tableau 16 nous avons synthétisé les données obtenues en termes de productivité.

Tableau 16. Données sur les biomasses et l'N accumulées sur de courte période (40 à 60 jours) ; d'après FAO, 1994.

Légumineuse	Production moyenne de MS / jour	N accumulé par jour de croissance
Crotalaria juncea	0.15	1.83
Sesbania aculeata	0.15	2.06
Sesbania rostrata	0.07	1.97
Vigna inguiculata	0.12	1.49
Vigna radiata	0.05	1.29

Le choix de la bonne espèce dépendra de 2 critères :

- la possibilité d'une **valorisation des graines** (autoconsommation humaine ou élevage) ;
- une bonne **production en biomasse végétative** devant rester pour le **sol**.

Les 4 traitements proposés par le NOMAFSI et le SFRI sont un factoriel complet (*Agriculture Conventionnelle x Agriculture de Conservation*) croisé *Avec ou sans correction à la chaux*, sur 3 années avec une gestion au départ avec brûlis en Agriculture Conventionnelle et sans brûlis en Agriculture de Conservation. Il reste à donner **une dimension plus recherche-développement à ce dispositif** proposé en l'incluant par exemple dans un réseau de *fermes pilotes*.

7 Perspectives d'échanges Laos / Vietnam

Il a été convenu à la suite de cette mission de **poursuivre les échanges entre le Laos et le Vietnam à travers les structures nationales NAFRI et NOMAFSI**. Un bon contact a été établi entre Dr Le Quoc Doanh et Mr Khamkéo Panyasiri.

Il est envisagé que le **Laos** accueille cette année **des ingénieurs** travaillant au sein du Projet **ADAM**. Leur séjour couplerait le **terrain de Ban-Poa** au niveau référentiel de **recherche** et le terrain de **Xayabury** au niveau référentiel de **diffusion**.

La période n'a pas été encore fixée. Elle pourrait se dérouler en début de saison des pluies, avec une arrivée en avion au niveau de la Province de Xiengkhouang et un voyage en bus sur Ban-Poa puis Xayabury. Le NCAC pourrait en assurer la logistique et servir d'intermédiaire au niveau des structures concernées, PROSA pour Xiengkhouang et BFDAC pour Xayabury.

8 Conclusion

Le Projet ADAM possède un grand nombre de données non présentées dans ce rapport qui permettrait de mieux définir le contexte *agrosocioéconomique* de départ. Une typologie des exploitations à l'échelle de la Province **croisant à la fois les données du milieu physique (roche mère, pluviométrie, relief) et celles les données socioéconomiques (dynamique agraire, foncier, actifs agricoles, pluriactivité, élevage)** permettrait une approche plus ciblée des innovations proposées. Toutefois au Vietnam, les exploitations produisant du maïs comme culture de rente sont le fait **d'unités de production spécialisées**.

Des **enjeux de durabilité communs** entre le **Laos et le Vietnam** apparaissent autour de la **culture de maïs** qui connaît actuellement une forte extension **sur les terres en pentes**. Au Laos le travail du sol est parfois réalisé par une **mécanisation lourde** sous forme de prestation à crédit occasionnant des pertes en terre importantes par érosion. L'**AC** est alors vue comme un moyen d'éviter **une catastrophe écologique** sur le court terme qui concerne actuellement des zones de **5 Provinces** accolées aux frontières du pays (Provinces de Xayabury, Bokéo, Saravane pour la Thaïlande ; Province d'Oudomxay pour la Chine ; Province de Xiengkhouang pour le Vietnam) pour une **production de maïs vouée à l'exportation**. Pour l'instant on peut parler **d'utilisation extensive** des terres et d'une recherche de productivité optimale du travail à faible niveau d'investissement pour les producteurs. Au **Vietnam** le travail du sol est plus léger et une politique d'aménagement de l'espace est en cours, avec l'appui à la confection de terrasses ; l'**AC** serait un moyen de contribuer à **l'intensification** de la production par unité de surface en recherchant une optimisation d'utilisation des ressources du milieu (eau, ensoleillement, nutriments).

9 Quelques références bibliographiques utilisées

Bayer, Lovato, Dieckow, Zanatta, Mielniczuk, 2006. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. *Soil and Tillage Research*; 91; 217-226.

S. Boulakia, 2009. ADAM project Research and Development Program proposal 2009 – 2012 Stéphane UPR n°1 – SCVCIRAD – PERSYST

N.C. Brady and R.R. Weil, 1996. *The nature and properties of soils* 11th Edition, Prentice Hall, New-Jersey, USA, 740 p.

CIRAD & NOMAFSI joint publication Newsletter n° 1 - June 2010 The ADAM Project Support for Agroecology Extension In Mountainous Areas of Vietnam

CIRAD & NOMAFSI Brochure: The ADAM Project Support for Agroecology Extension In Mountainous Areas of Vietnam.

T. Dierolf, T. Fairhurst, E. Mutert, 2001. A toolkit for acid, upland soil fertility management in Southeast Asia. GTZ, FAO, PPI, PPIC, 149 p.

N. K. Fageria, V. C. Baligar, Y. C. Li, 2009. Differential Soil Acidity Tolerance of Tropical Legume Cover Crops. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40: 1148–1160,

FAO, 1994. *Green Manuring for soil productivity improvement* World Soil Resources Reports, N°76, Rome, Italia, 123 p.

Findellin, 2001. Etude et modélisation de certains effets du semis-direct avec paillis de résidus sur les bilans hydrique, thermique et azoté d'une culture de maïs pluvial au Mexique. Première Partie. Thèse ENGREF, Montpellier, 87 p.

D. Hauswirth, 2010. *Projet ADAM-Appui à la Diffusion de l'Agroécologie dans les zones de Montagne du Vietnam pour la gestion durable des agroécosystèmes sur pentes* Rapport d'exécution du 01/01/2010 au 30/06/2010 Cirad/NOMAFSI/AFD.

D. Hauswirth, 2010. ADAM Project Support to extension of agro-ecology approach for improving cropping systems efficiency and durability in Northwestern mountainous areas of Vietnam. Vol 1. Tea-based agronomic experiments. Cirad/NOMAFSI/AFD.

Linères et Djakovitch, 1993. Caractérisation de la stabilité biologique des apports organiques par l'analyse biochimique. INRA, 15 p.

Mary et Guérif, 1994. Intérêts et limites des modèles de prévision de l'évolution des matières organiques et de l'azote dans le sol. *Cahiers Agricultures*; 3; 247-257.

**Estimation de l'érosion et du ruissellement en parcelles cultivées
sur de grandes superficies (photos B.Muller, Cirad)**



Estimation de l'érosion et du ruissellement en parcelles cultivées sur de petites superficies (photos B.Muller, Cirad)



Estimation de l'érosion en parcelles cultivées sur fortes pentes

Le but est de quantifier d'importantes pertes en terre au niveau de la parcelle au cours d'une saison des pluies.

Une méthode simple et robuste a été mise au point spécifiquement pour l'étude par J.M Sarrailh (Cirad Forêt La Réunion) et P.Autfray (Cirad Mayotte). Il s'agit de l'utilisation d'un « Erodimètre Différentiel à Aiguilles » (EDA).

Une série de **5 mesures a été effectuée sur chaque parcelle**. Ces points de mesure sont répartis sur la parcelle en fonction de sa forme. Localement, ils sont choisis au hasard, de manière à ne pas prendre toutes les mesures au sommet des buttes de manioc ou au contraire dans les inter-buttes.

A chaque point de mesure, deux fers à béton sont enfoncés dans le sol, suffisamment pour être considérés comme fixes. Ils dépassent d'un mètre environ, de façon à englober les variations du milieu. Entre ces deux piquets, une règle de maçon dotée de 10 cylindres dans lesquels vont coulisser des aiguilles est installée. Les aiguilles sont descendues jusqu'à atteindre le sol et mesurées. Un état de surface du sol est réalisé par la mesure des aiguilles. Les cylindres sont distants de 20 cm. Une deuxième position décalant la règle de 10 cm permet d'avoir une deuxième série de mesures intermédiaires. **On a donc 20 mesures pour chaque profil.**

Pour chaque transect, on effectue :

- un graphique représentant les profils en début et en fin de saison des pluies,
- la hauteur moyenne (h_{moy}) et l'écart type par rapport à cette valeur (σ) en début et fin de campagne,
- les départs en terre en centimètres,
- les départs en terre en masse (calculé grâce à la densité apparente),
- les départs de terre en azote et en carbone par ruissellement.

Erodimètre Différentiel à Aiguille en place



Mesure de pH

Avec prélèvements

- Mélange de 20 g de terre sèche tamisée (crible 2mm) avec 100 ml d'eau déminéralisée.
- agitation pendant 5 minutes
- décantation du mélange pendant 1 heure.
- immersion d'une sonde pH dans le surnageant, attendre la stabilisation de la lecture.

Sur l'utilité du KCl, c'est en revanche très efficace quand on veut mesurer l'acidité potentielle du sol, en saturant la solution pour chasser tous les protons du complexe, nous pouvons également vous en fournir si vous souhaitez.

Mesure directe



Mesures de l'N minéral

- Utilisation d'eau déminéralisée comme pour le pH.
- Avec l'analyseur RqFlex Merck



NO₃⁻ (nitrate, mineur en sol acide)

- mélanger 200 g de terre fine avec 200 ml d'eau pendant 3 minutes,
- filtration inverse : recueillir le filtrat dans le creux du filtre immergé dans la solution, au fond duquel on plongera la bandelette ; la valeur se lit directement en mg de NO₃⁻ par kg de terre.
- le temps de contact entre la solution de sol et la bandelette consiste en une brève immersion (1 à 2 secondes).

NO₂⁻ (nitrite, état de l'azote dans le sol)

- En même temps que test nitrate ;
- Faible en milieu aérobie, plus élevé en milieu réducteur.

NH₄⁺ (ammonium, majeur en sol acide)

- Comme tout cation du sol, un temps d'agitation assez long (1heure) ;
- Mélange de 20 g de terre avec 100 ml d'eau pure déminéralisée, procéder par filtration gravitaire
- Appliquer un coefficient de correction (X5) pour ramener le résultat à une valeur en mg/Kg de terre...
- le temps de contact entre la solution de sol et la bandelette varie entre 1 ou 4 minutes

Analyse des eaux de drainage par lysimétrie

- Principe

Estimer les pertes des nutriments par lixiviation ou drainage

Prélever des solutions du sol avec un lysimètre (photo de gauche) couplé avec un tensiomètre (photo de droite)



Caractéristiques du lysimètre

- * Bougie en céramique poreuse montée sur tube
- * Capillaire de pompage
- * Pince pour le capillaire
- * Utilisation avec une pompe d'extraction avec manomètre

Le Lysimètre à succion est constitué d'une bougie poreuse dite rapide, montée sur un tube, équipé d'un capillaire de pompage.

On crée une dépression de 60-70 Centibars à l'intérieur du Lysimètre, en actionnant une pompe à vide branchée à l'extrémité du capillaire lorsque le sol est à 10-20 centibars de tension, c'est à dire un sol ressuyé de 12 à 24 heures après une pluie significative. Le sol ressuyé donne une lecture de 10 à 20 centibars sur les tensiomètres.

On relève couramment les tensiomètres deux fois par semaine et les lysimètres une fois par semaine.

Chaque élément à analyser correspond à un programme pré établi sur l'appareil grâce à un numéro de code. Des tubes de réactifs et de dilution sont fournis..

Synthèse bibliographique sur légumineuses en appui à CANSEA (d'après FAO, 1994)

Annexe 7

scientific name	common name	climate area	grass/legume	cycle	height	vegetative growth	fodder use	humain use	other use	allelopathic know properties	others properties
sesbania aculeata	sesbania sesban	tropical	legume	medium	high	erect	cut and carry	no			fence
vigna radiata	mung bean	tropical	legume	short	small	prostrate	no	grain			
vigna umbellata	rice bean	tropical	legume	medium	high	prostrate	yes	grain			
vicia faba		sub-tropical	legume	medium	small	prostrate	yes	no			
trifolium repens	white clover	sub-tropical	legume	long	small	prostrate	yes	no			
crotalaria juncea	sunhemp	tropical	legume	short	high	erect	Grains(poultry)	no	fibers		reduce nematodes
canavalia ensiformis	jack bean	tropical	legume	long	medium	climbing	no	no			Drought tolerance
mucuna pruriens	velvetbean	tropical	legume	short	medium	climbing	no	no	medicin	yes	
pueraria phaseoloides	kudzu	tropical	legume	long	medium	climbing	no	no			
stylosanthes guianensis		tropical	legume	long	medium	erect	cut and carry	no			
tephrosia candida	white tephrosia	tropical	legume	long	high	erect	no	no			
cajanus cajan	pigeonpea	tropical	legume	long	high	prostrate	yes				
vigna inguiculata	cowpea	tropical	legume	short	medium	prostrate	yes				
phaseolus trilobus	pillipesara	tropical	legume	medium	medium	prostrate	direct grazing	yes			
cyamopsis tetragonoloba	guar; cluster bean	tropical	legume	long	high	erect	cut and carry	no	gomme		

Annexe 8

NOMAFSI: Soil Sciences & Upland Agro-Ecology Department

Function and duties:

- Building research projects/programs/themes and transferring advanced technologies in the fields of conservation (ecological) agriculture for long-term and annual term to serve sustainable agricultural production, contributing to food security, at the same time improving natural resources and protecting the environment in NMMR.
- Implementing research and technology transfer in the following fields:
 - + Selection of plant varieties, including local and indigenous species/varieties that have wide adaptation to diverse agro-climatic conditions in NMMR.
 - + Integrated technological measures like ICM, IPM in management of pests, weeds, and biological measures, contributing to minimizing environment pollution, ensuring food safety, and protecting community health.
 - + Disease, pests and weeds dynamics in the fields, when applying upland ecological approaches.
 - + Plants-indicators for diagnostics of land degradation level as well as the limiting factors in different soils, collecting and using multipurpose plant species.
 - + Multi-purpose cover crops, animal fodder crops in order exploit local potentials of land resources and climatic conditions in NMMR.
 - + Scientific basis for building sustainable sloping land agriculture with special emphasis on protection of soil from erosion, degradation and improvement of soil fertility.
 - + Different chemical, biological pesticides and fertilizers on different crops.
- Managing and effectively using budget and assets allocated to the Department.
- Implementing other tasks as required.

Achievements:

- Research and recommendation of sustainable sloping land cultivation technology packages like soil mulching with vegetal materials, mini-terrace with soil mulch, inter-cropping with leguminous species... that increase the crop yield by 30-200%, meanwhile reducing soil erosion up to more than 80%. These technologies are being scaled up in production.